連載 オーディオ計測の散歩道

スイッチの接触抵抗を測る(6)

●スイッチ液の効用をバースト波で検証

■小倉幸一■

ON/OFFでの"液"の効果

昨年11月号で，比較的強電の分野でのSW(スイッチ)液の効用をご紹介しました．すなわち，インダクタンスを含む回路のON/OFFで，OFF時に発生する逆起電力によるスパーク，これに起因する接点の損傷，これを防止するためのSW液…，この流れに沿って納得したSW液の効果でした．

その実験では(11月号第10図，第11図)，波形全景を見ると，液を使った方が大きなピークになっています．これを時間軸に注目して見直すと，幅の広い単発パルス成分の接続時間は1/2，振幅で比較して1/9に減少しています．

これで，オーディオ分野以外でのSW液のOFF時の効果は実証できました．OFFからONへの動作は，接点の粗さ的凹凸と接点間の圧力が大きく関与して，比較的スムースな通電動作になっていく，という浅井氏のお話もありました．接点の凹凸の役目もはっきりしました．

この延長線上でオーディオ世界での効果を考えるとき，電流の極端な減少，したがって逆起電力のこれまた極端な減少，と考えてみると，

・スパーク
・接点表面の損傷

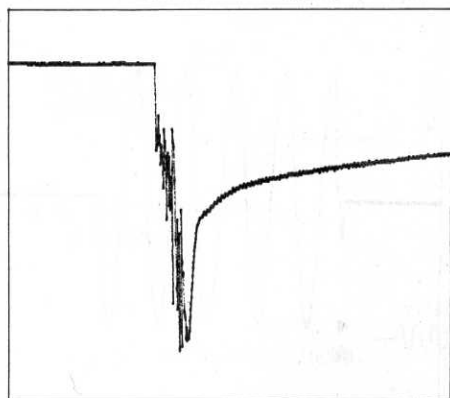
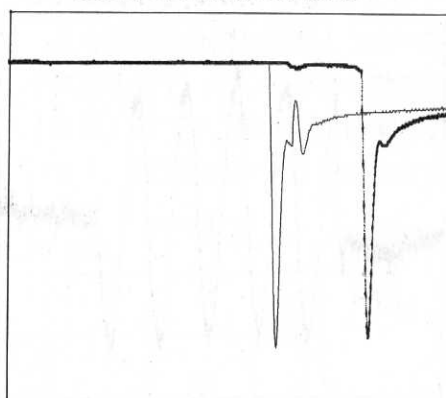
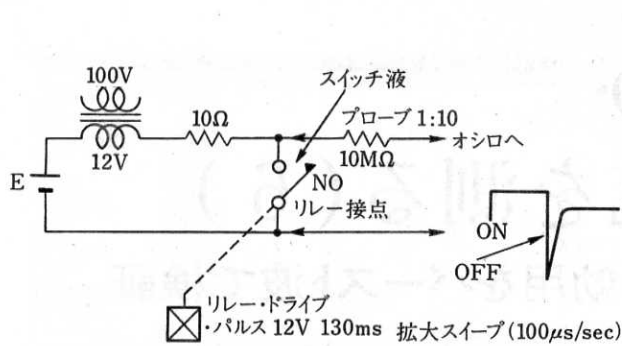
などは考慮外の事項に思えてきます．まして，回路にLの存在を前提にした前2項の現象は，無視しても問題ないでしょう．そこで，オーディオでは別なことを考え，実証しなければならなくなってきました．といっても，5月号から実験してきた波形的データも無視できません．

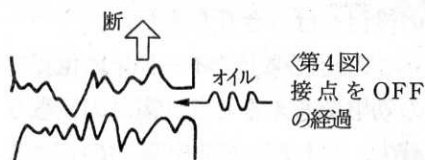
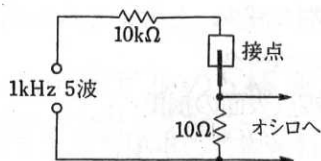
振り返ってみると，液としてのオイル成分と混入金属粉とはいっしょくたにして，SW液と称してきました．先の強電分野では，金属粉は入っていない(と思う)との浅井氏のお話から，筆者もオイル成分だけでの現象を見てみようと思い立ちました．というのも，SW液はそのままおいておくと，金属粉は沈殿して完全に液と分離してしまいます．そこで，この液だけを吸い上げて接点につけてみます．

この液の分離が完全にできているのがNo.8(6月号，第1表)だけで，他は液の絶対量が少なく，うわずみだけを取ることができませんでした．カーボンはうわずみができませんでした(目視)．

第1図に結果を示します．接点まわりの回路は**第2図**です．"L"は小型電源トランスの2次12V巻線を

〈第1図A〉SW液なし

〈第1図B〉上澄液をつけたとき

〈第1図C〉液あり，繰り返し後

〈第1図D〉0.025V入力．時間でばらつく

〈第2図〉接点まわりの回路

〈第3図〉▶ リレー・ドライブ回路

〈第4図〉接点をOFFの経過

〈第5図〉ロータリー接点のテスト回路

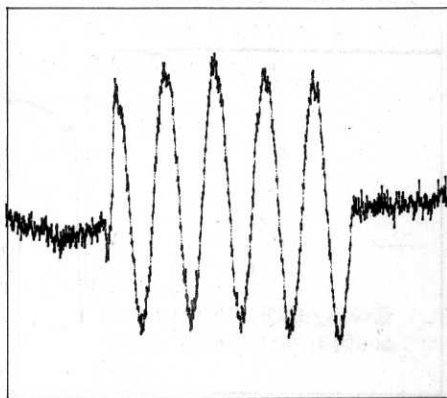
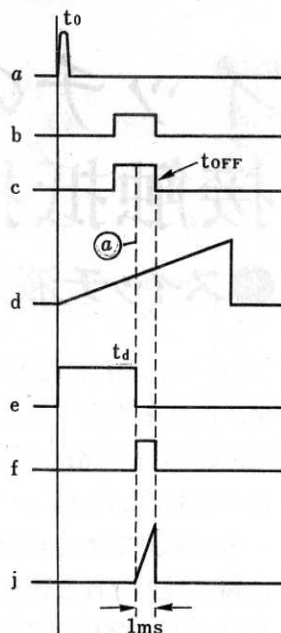
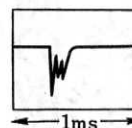
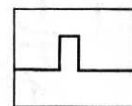
使いました．100 V 巻線を使うと，逆起電力により火花が出ます．そんな実験のあと 12 V 巻線でこのデータを取りましたから，接点の損傷がミクロには少し遊んだ状態でのデータとなります．接点規格は，

5 A/28 VDC，5 A/240 VAC

というものです(新品リレー)．参考までにこのリレーのドライブ回路を**第3図**に示しておきます．オシロでの波形観察が主目的ですから，ドライブ信号の OFF 時点からスイープはスタートします．**第3図**中のⓐ点ですが，これはオシロのディレー・スイープのゲート出力を観察用ディジタル・オシロのトリガとしてあります．この方式では，次段のディジタル・オシロのトリガ時点を任意に微調整できる利点があります．というのも，リレー・ドライブ信号より 10 msec 程度実際の接点の開閉が遅れるからです．波形観察は 100 μsec/div で接点 OFF の瞬間をとらえます．ドライブの時間は 30 msec，繰り返し時間は 1 秒です．

第1図(A)が“液なし”で，L をとおして 2.5 V を加えたもの．時間軸は 100 μsec/div です．火花こそ見えませんが，11 月号のパターンと同じものが現れています．接点の電流は 0.25 A で，オーディオ回路ではまだ大電流です．この波形が安定してオシロ画面上に現れています．

この接点に SW 液 No.8 の上澄み液をつけてみます．**第1図(B)**がその結果です．100 μsec くらいの間，高速に ON/OFF を繰り返しながら，ついては離れていった(粗さ的凹凸の大小による)接点の動作が，見事に一発で収まってしまいました．

ただ，この液をつけた後の繰り返しでは，接点の機械的動作が時間的に不安定になり，数 100 μsec の範囲にばらつき始めました．時間がたつにつれて(数十分)もとの波形が顔を出したりします(**第1図(C)**)．

つぎに電圧 2.5 V を 1/10 にしてみます．波形が小さくなり，きれいになってきます．**第1図(D)**は感度を上げて見かけ上大きくしてあります．また，重ね撮りで時間的バラツキも示しました．ごらんのとおり，波形は微小な変化を伴っています．

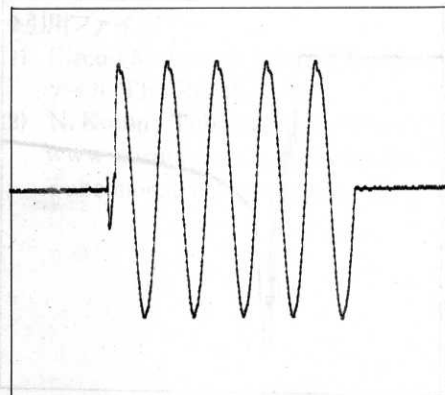
ここまでの機械的断(続)実験で，

(1) 接点電流(L 電流)に関係して振幅は増減するが，同じパターンが得られる．

(2) SW 液は，含まれる金属粉をのぞいても火花消去的効果はある．

(3) “火花消去的効果”とは，接点が電気的に完全 OFF になるのに，粗さ的凹凸による等価的面積変化(抵抗変化)と断続を伴うが(**第4図**)，そのときも一挙にちぢめることと定義します．

(4) 逆起電力がなくなるわけでは

〈第6図〉第5図 10 Ω 両端の波形

〈第7図〉左図をアベレージしたもの

ありません．時間が本来の電気的反応時間になる，ということです〔第1図(B)〕．

ということが実証できました．

金属粉の効果は機械的(断)続については，

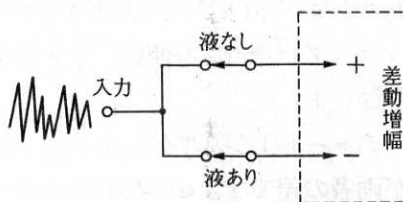
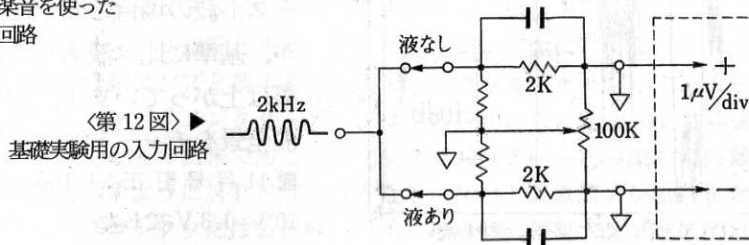
(1) 再度通電（接点を機械的に動かさないことも含めて）の場合の電子のための“飛び石”的役割

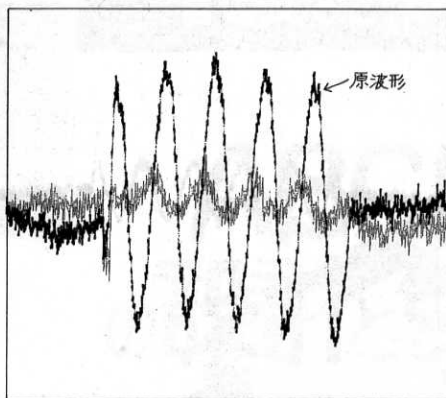
(2) 接点間には常時圧力がかかっているので，火花消去的役割を終えた油膜も例の凹凸で通電路はできている．

(3) 接点の粗さ的凹凸は必要（適当な大きさ）悪？

バースト波による検証

以上，接点の断/続時の火花防止(接点損傷防止)の点から，SW液の効果を締めくくりましたが，当初に集めたSW液も各社各様の効果をうたっています．1社に偏らないために“SW液”なる造語で話を進めてきましたが，たとえば“復活剤”はロータリーSW用で，リレー接点には別種を使うよう指示してあります．接点損傷を電気的にも“断/続”に分けて復活を目的にするものでなく，環境汚染に対処するもののようです．

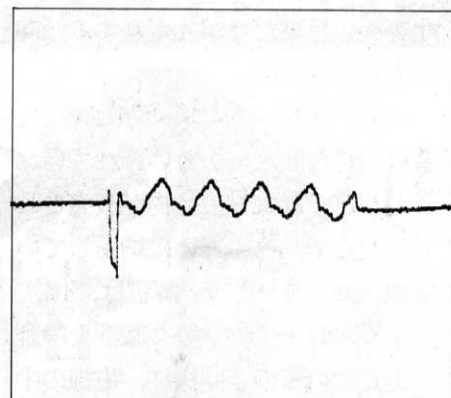
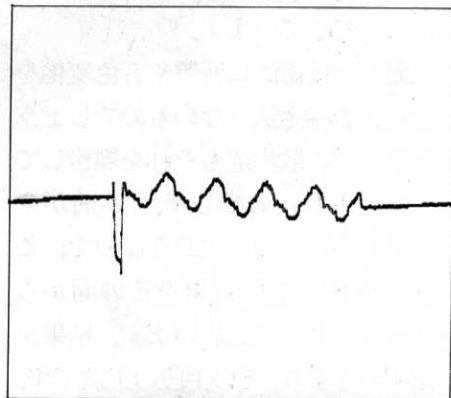
そこで，10年ほどボックス中に放置しておいたロータリーSWの接点に活用してみました．テスト回路

▲〈第11図〉楽音を使ったときの実験回路

〈第8図〉差動増幅で振幅を縮めた

〈第9図〉左図の出力をアベレージしたもの

は第5図のようなもので，接点を通した電流を10Ωでの電圧変化として見るものです．本来ならば接点両端の方が直接的ですが，後の実験用に構築したシステムの流用なので，欠点は覚悟の上です．

信号源は1kHz 5波バースト，繰り返し0.4秒で，10kΩをとおして接点に加えました．電圧は1Vp-pですから接点電流は100μAです．

第6図が10Ω両端の波形，それをアベレージしたものが第7図です．この状態で復活剤をかけて波形変化（振幅）を見るわけですが，少し工夫をして見ましょう．

というのも，振幅変化が2倍や半分であれば問題ありませんが，ごくわずかであると，測定のバラツキか，ほんとうの変化か区別がつきません．そこで，復活剤をかける前の波形を打ち消して0にしておけば，復活剤の効果を直接見ることができるわけです．このために登場するのが差動増幅です．

入力信号を分割し差動入力の一端子に加えます．そして分割を微調節すればOKです．第8図に結果を示します．理想的には0までいきます

〈第10図〉復活剤をスプレーした

が，位相も含めて調節する必要があります．その性能を表わすのがCMRR(dB)です．くわしくはべつの機会にしますが，振幅が小さくなったぶん，ゲインを上げられますから，変化分を拡大測定できるわけです．第8図の差動出力をアベレージしたものが第9図です．

この状態で復活剤をかけてみます（スプレー）．結果は第10図です．波形変化はありますが，振幅変化はなし，と見るべきでしょう．以上，復活剤のデータでした．

楽音を使っての検証

物理実験としては終わりましたが，さて，この結果からオーディオとして何がいえるかとなると，まったくお手上げです．ただ，SW液の効果を“SWの長持ち”“接触不良の改善”“復活”と比較的物理化学の分野での効果を表示している間は良心的ですが，オーディオの世界には，経験談として，音質改善，音色の変

〈第12図〉▶
基礎実験用の入力回路